

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta

Geologie
Hospodaření s přírodními zdroji



Kamila Málková

Geofyzikální průzkum archeologické lokality na Malém Blaníku
The geophysical survey of archaeological locality on the Malý Blaník hill

Typ závěrečné práce

Bakalářská

Vedoucí závěrečné práce/Školitel: PhDr. RNDr. Jiří Dohnal

Praha, 2011

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 30. 8. 2011

Podpis

Poděkování

Děkuji RNDr. PhDr. Jiřímu Dohnalovi za cenné rady a trpělivost při příkladném vedení této práce a RNDr. Zdeňkovi Jáněmu, Bc. Petře Bachtíkové a Michalu Strakovi za pomoc při terénním měření.

Dále děkuji Mgr. Radovanu Cáderovi, řediteli Muzea Podblanicka, a místní archeoložce Mgr. Tereze Davidové za vstřícnost, spolupráci a poskytnutí informací.

Dík patří i prof. RNDr. Lubomíru Hanelovi, CSc., řediteli CHKO Blaník, za důvěru a vyřízení povolení k vjezdu.

Abstrakt:

Práce sestává ze dvou částí. Náplní první je podrobná rešerše dosavadních poznatků o archeologické lokalitě na Malém Blaníku (geologie, petrofyzika, historie, archeologie a další), doplněná o rozbor prospekčního potenciálu různých geofyzikálních metod. Základem druhé části je plošný geofyzikální průzkum uvedené lokality pomocí vybraných geofyzikálních metod (geoelektrické metody, magnetometrie). Náplní této části je terénní měření, zpracování dat a komplexní interpretace výsledků.

Summary:

The bachelor's work consists of two parts. The contents of the first one is the detailed background research of existing information about the archaeological locality on the Malý Blaník hill (geology, petrophysics, history, archaeology and other), supplemented by analysis of prospecting potentiality of different geophysical methods. The core of the second part is the areal geophysical survey of the mentioned locality by means of selected geophysical methods (geoelectrical and magnetometric methods). The contents of this part includes the field measurement, data processing and complex interpretation of the results.

OBSAH:

1. ÚVOD	1
1.1. Účel a smysl práce.....	1
1.2. Struktura práce	1
2. CHARAKTERISTIKA LOKALITY	2
2.1. Geografická poloha	2
2.2. Geologické poměry	3
2.3. Archeologická situace	7
2.3.1. Historie osídlení oblasti.....	7
2.3.2. Archeologické poznatky o zájmové lokalitě	7
3. GEOFYZIKÁLNÍ METODY V ARCHEOLOGII	8
4. VOLBA GEOFYZIKÁLNÍCH METOD PRO ZKOUMANOU LOKALITU	10
4.1. Symetrické odporové profilování	10
4.2. Měření magnetické susceptibility (kapametrie)	10
4.3. Magnetometrie.....	10
4.4. Vybrané fyzikální vlastnosti hornin	11
5. METODIKA TERÉNNÍHO PRŮZKUMU	11
5.1. Geodetické práce	11
5.2. Geofyzikální měření	12
5.2.1. Symetrické odporové profilování	12
5.2.2. Měření magnetické susceptibility (kapametrie)	12
5.2.3. Magnetometrie.....	13
6. ZPRACOVÁNÍ DAT	13
6.1. Symetrické odporové profilování	13
6.2. Měření magnetické susceptibility (kapametrie)	13
6.3. Magnetometrie.....	14
7. VÝSLEDKY A INTERPRETACE MĚŘENÍ.....	14
7.1. Symetrické odporové profilování	14
7.2. Měření magnetické susceptibility (kapametrie)	16
7.3. Magnetometrie.....	17
8. ZÁVĚR.....	19
9. POUŽITÁ LITERATURA.....	20
10. POUŽITÉ SOFTWARE	21
11. FOTOGRAFICKÁ PŘÍLOHA.....	22

1. ÚVOD

1.1. Účel a smysl práce

Účelem a smyslem této práce bylo geofyzikální prozkoumání archeologické lokality pod vrcholem hory Malý Blaník. Jedná se o zaniklý objekt datovaný podle nálezů keramiky do 15. století. K výběru tohoto tématu z oblasti aplikované geofyziky mě vedly dva aspekty. Především to, že z Poblanicka pocházím a zároveň historie, která se ke zdejšímu kraji váže. Všeobecně je známá pověst o spících blanických rytířích, kteří se, až bude české zemi nejhůř a nedaleký Býkovický potok se zalije krví, probudí ze spánku a po otevření hory Velký Blaník vyjedou českému lidu ku pomoci. Nicméně sem patří i legenda o hradu Blaník, o kterém se dodnes neví, kde vlastně stával. A tímto se dostávám k oné mnou zkoumané lokalitě. Jedná se o objekt, o kterém se také mnoho neví. Když jsem vedení Podblanického Muzea ve Vlašimi a CHKO Blaník informovala o plánovaném tématu mé bakalářské práce, projevilo veliký zájem. Výsledný projekt vznikl poté za spolupráce s Podblanickým muzeem, především s Mgr. Radovanem Cáderem, ředitelem této instituce, a Mgr. Terezou Davidovou, místní archeoložkou, kteří mi vyšli vstříc, ve všem, co jsem potřebovala. Odměnou za jejich spolupráci bude nejen tato bakalářská práce, ale i plánovaný článek ve sborníku města Vlašimi.

1.2. Struktura práce


Práce se skládá ze tří částí. V první jde především o geografickou, geologickou a archeologickou charakteristiku oblasti a lokality; tato část byla zpracována na základě literárních pramenů a map. Následuje samostatná kapitola pojednávající o základních principech použití geofyzikálních metod v archeologii a kapitola věnovaná volbě geofyzikálních metod pro danou lokalitu. Klíčové kapitoly „metodika terénního průzkumu, zpracování dat, výsledky a interpretace měření“ se týkají přímo geofyzikálních prací, jejichž terénní část byla realizována v červenci roku 2011 pod vedením RNDr. PhDr. Jiřího Dohnala s přístrojovým vybavením oddělení užití geofyziky PřF UK v Praze. Jádrem této části jsou grafické výstupy průzkumu, tj. mapy izolinií měřených fyzikálních parametrů a jejich interpretace.

2. CHARAKTERISTIKA LOKALITY

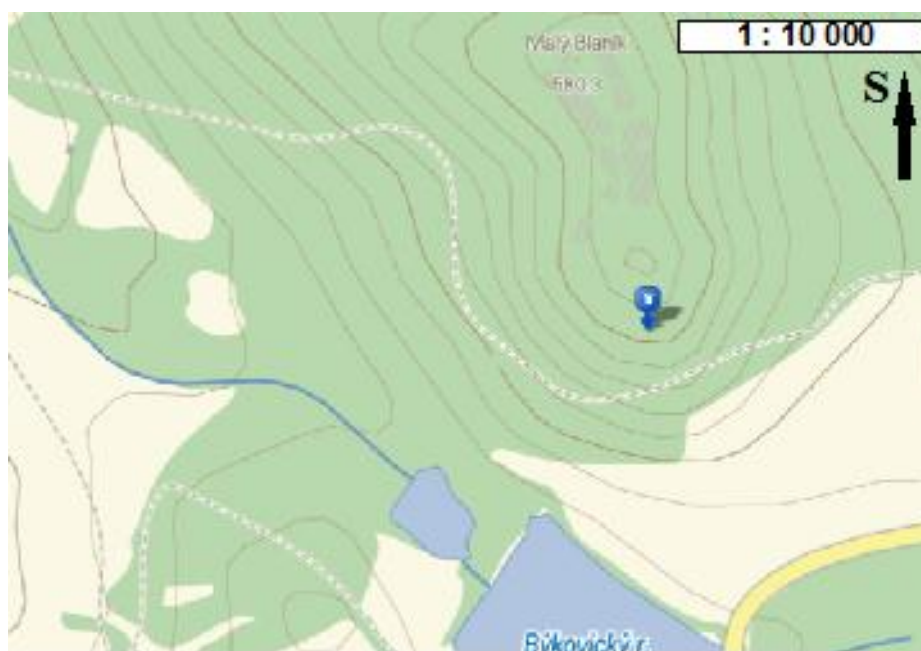
2.1. Geografická poloha

Zájmová lokalita na Malém Blaníku se nachází ve středočeském kraji, v okrese Benešov. Spadá do katastru obce Louňovice pod Blaníkem, která je centrem Chráněné krajinné oblasti Blaník. Lokalita je situována pod jižním vrcholem hory Malý Blaník, v nadmořské výšce asi 550 metrů. Souřadnice GPS jsou 49°37'42.607"N, 14°51'51.876"E. Umístění zájmové plochy na Malém Blaníku je znázorněné na obrázcích 1 a 2.



 **Zájmová lokalita na Malém Blaníku**

Obr.1: Ortofotomapa oblasti Malý Blaník s vyznačením polohy zájmové lokality (<http://www.mapy.cz>).



Obr. 2: Situace zájmové lokality v topografické mapě (<http://www.geologicke-mapy.cz>).

2.2. Geologické poměry

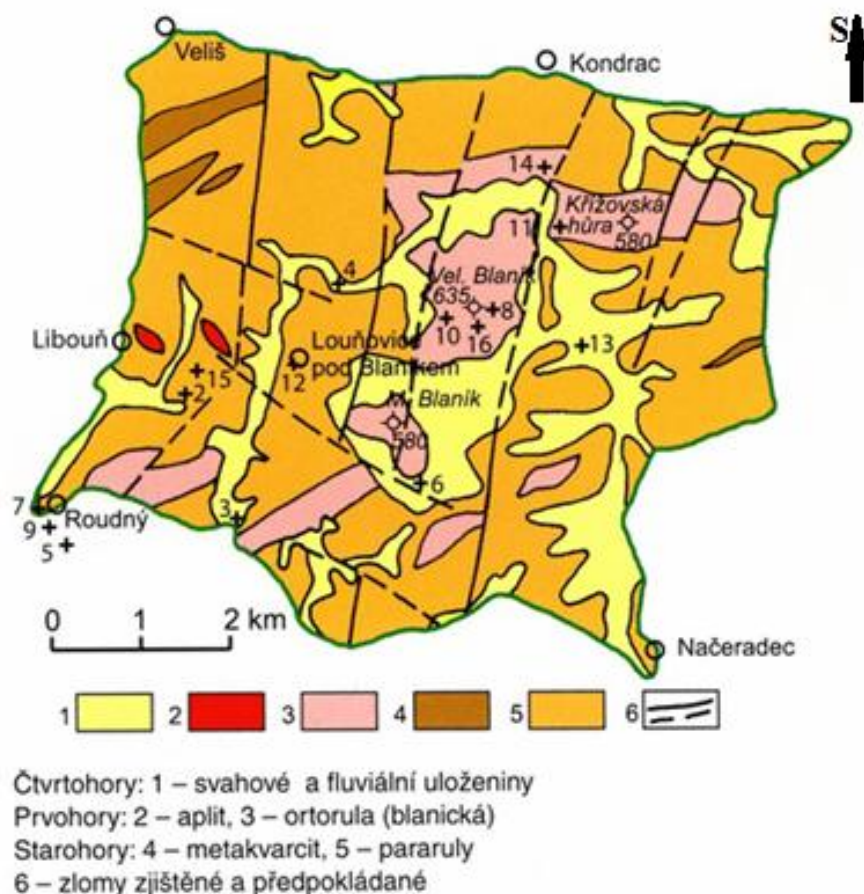
Z regionálně-geologického pohledu se lokalita nachází na území českého moldanubika, a to na jeho české větvi, která je na severu omezena kutnohorským krystalinikem a na západě se stýká se středočeským plutonem. Významným geologickým fenoménem oblasti je soustava zlomů Blanické brázdy. Ty tvoří tektonickou zónu mobilní od doby vzniku prakticky až dodnes. Morfologicky je Blanická brázda v terénu patrná jako široká sníženina, kterou protéká řeka Blanice (Kodym a kol. 1963, Štěpánek a kol. 1940). Na zónu Blanické brázdy je také vázáno zrudnění, především zlata a polymetalů.

Schematická geologická mapa širšího okolí hory Blaník (CHKO Blaník) je na obrázku 3. Nejrozšířenější horninou oblasti jsou sillimaniticko-biotitické pararuly. Ty budují především celé území východně od Načeradce a patří k pararulám Českomoravské vrchoviny. Značně rozšířené jsou také západně od hlavního zlomu Blanické brázdy. V oblasti se nacházejí i masivní migmatity popovického komplexu s výraznými oky živce. Severně a západně od Louňovic vystupují na den muskovit-biotitické pararuly, svorové ruly a svory, jižně a východně od Louňovic se nalézá několik těles tvořených biotitickými ortorulami. V omezené míře se v oblasti vyskytují i intruzivní horniny, které geneticky patří ke středočeskému plutonu. V lomu na západním svahu Křížovské hůry jsou odkryty dvojslídne žuly a žuloruly s turmalínem a granátem. Geomorfologicky významná je erlanová vložka v zařízlém údolí Brodce, ve které jsou vyvinuty pseudokrasové útvary - největší známá jeskyně zde dosahuje rozměrů nejméně 10 x 15 m (Pouzar 1996).

Nejvýznamnější ložiskovou lokalitou je zlatodůl Roudný, ležící na jihozápadní hranici oblasti. Jde o jedno z nejstarších známých českých ložisek zlata. Roudenské ložisko, ležící v jednotvárné sérii moldanubika, tvořené převážně biotitickými migmatitickými pararulami se sillimanitem, je velmi nepravidelný a bohatě rozvětvený žilník s třemi hlavními poruchovými systémy. Přínos zlata hydrotermálními roztoky byl spjat zřejmě s dozvuky intruzivní činnosti, kterou vznikal nedaleký masiv blanické ortoruly a jeho výběžky. Teplé roztoky kolující po puklinách se vysrážely, přičemž vznikly křemenné žilky s hojným arsenopyritem, pyritem a zlatem.

Ze zájmové oblasti nejsou popsány význačnější paleontologické nálezy, z jejího blízkého okolí je však známa slojka antracitového uhlí u Chobota nedaleko Vlašimi, kde byly v roce 1868 nalezeny zbytky některých vyhynulých rostlin (Calamites, Callipteris, Odontopteris, Pecopteris, Sphenophyllum a Taeniopteris, primitivní jehličnany rodů Walchia, kordaity rodů Cardiocarpus a Cordaites) a také živočichů (korýš rodu Bythocypris, ryby rodu Amblypterus)

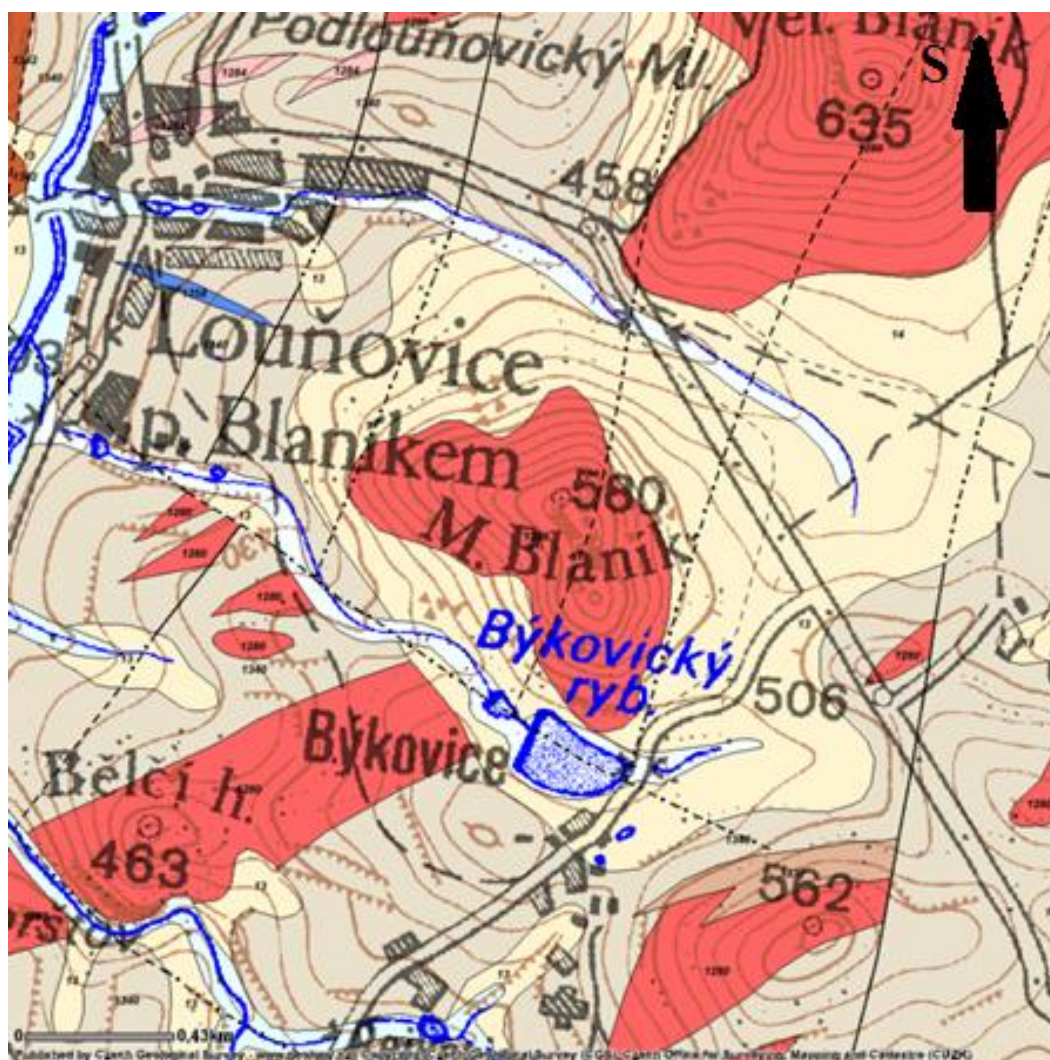
(podle <http://old.ochranaprirody.cz/blanik/index.php?cmd=page&id=191>).



Obr. 3: Schematická geologická mapa území CHKO Blaník, hranice CHKO zeleně (Pošmourný 2006)

Skalní podklad vlastního prostoru zkoumané lokality na Malém Blaníku tvoří (viz obr. 4) muskovit-biotitické ortoruly až metagranity (mineralogické složení: křemen, živec, biotit, muskovit \pm turmalín; charakteristické akcesorie: granát, sillimanit) proterozoického až paleozoického stáří, jejichž skalní výchozy se nacházejí cca 60 m severně od lokality. Na lokalitě samotné jsou podložní horniny překryty kvartérními svahovými sedimenty, místy zřejmě i antropogenními sedimenty. Nezpevněné svahoviny jsou zastoupeny hlinito-kamenitými, kamenitými až balvanitými uloženinami neznámé mocnosti.

Místní „lomový“ kámen, pravděpodobně kameny vybrané ze svahovin, byl použit i jako stavební materiál kamenných a zděných konstrukcí zkoumaného středověkého objektu.



Obr. 4: Geologická mapa prostoru hory Malý Blaník a jeho okolí (<http://www.geology.cz>).

Ortorula až metagranit:

Eratém: paleozoikum až proterozoikum

Typ hornin: metamorfít

Mineralogické složení: muskovit biotit, dvojslídny, + - turmalín,

Soustava: Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum

kamenitý až hlinito-kamenitý sediment:

Eratém: kenozoikum

Útvar: kvartér

Typ hornin: sediment nezpevněný

Poznámka: místy bloky nebo eolická příměs

hlinito-kamenitý, balvanitý až blokový sediment

Eratém: kenozoikum

Útvar: kvartér

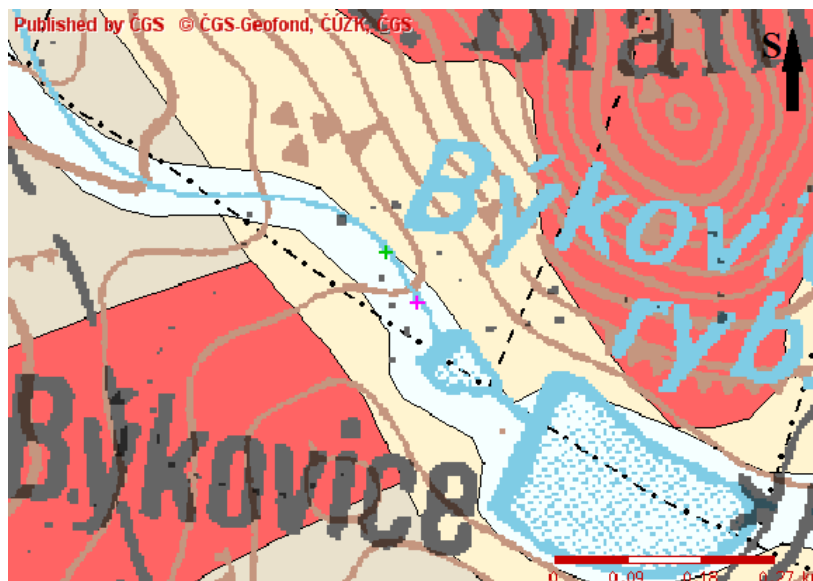
Typ hornin: sediment nezpevněný

Mineralogické složení: oligomiktní

Poznámka: kamenná moře, soliflukce

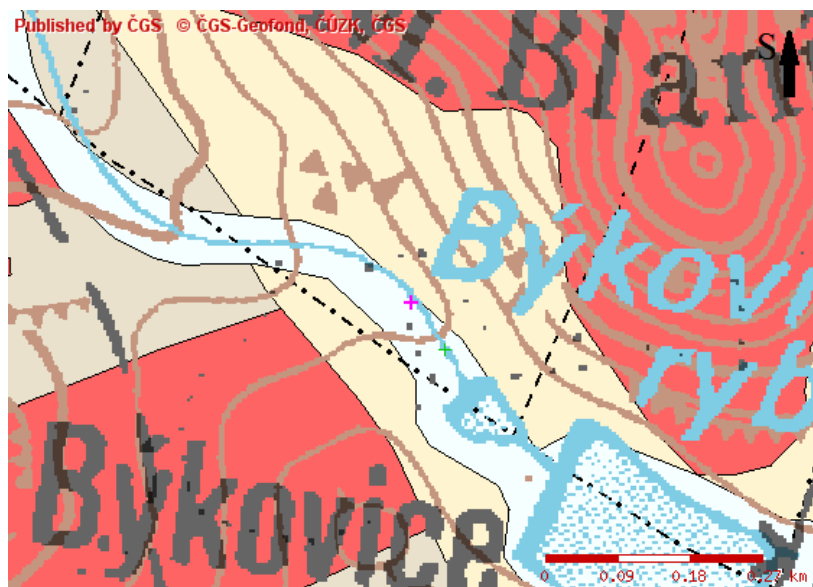
Vrtná a geofyzikální prozkoumanost.

V databázi Geofondy jsou z blízkého okolí lokality evidovány dva vrty označené jako HV-1 a HV-2 (obr. 5 a obr. 6).



Obr. 5: Vrt HV-1 (<http://www.geologickasluzba.cz>)

Vrt HV-1 byl svislý hydrogeologický vrt do hloubky 55 m. Mocnost kvartéru dosahovala 8 metrů. Zastoupeny byly fluvialní, fluvialně-eluvialní a eluvialní sedimenty. Což odpovídá tomu, že vrt se nachází v nivě potoka vytékajícího z Býkovického rybníka.



Obr. 6: Vrt HV-2 (<http://www.geologickasluzba.cz>).

Blízký vrt HV-2 byl opět svislý hydrogeologický vrt sahající do hloubky 61 metrů. Kvartérní sedimenty podobného typu jako u vrtu HV-1 sahaly až do hloubky 16 m. Podložní horninou byla proterozoická rula.

Na zkoumané lokalitě ani v jejím blízkém okolí nebyl dosud proveden geofyzikální průzkum.

2.3. Archeologická situace

2.3.1. Historie osídlení oblasti

Prvními obyvateli zdejšího kraje byli Keltové, kteří v 5. až 4. století př. n. l. na vrcholu Velkého Blaníku vybudovali hradiště. To později zaniklo (znovu osídleno bylo ve středověku) a teprve v roce 1149 byl založen želivským opatem Gotšalkem na území dnešních Louňovic pod Blaníkem ženský premonstrátský klášter (Radoměský 1966). Klášter byl v roce 1420 vypálen husity, v pozměněné podobě se dodnes dochoval původně gotický kostel Nanebevzetí Panny Marie. Ve 2. polovině 16. století vybudoval Oldřich Skuhrovský na místě bývalého kláštera renesanční tvrz s nárožními věžemi. Roku 1652 je tvrz připomínána již jako zámek, který byl v roce 1675 barokně upraven a dochoval se do dnešní doby. Od roku 1672 do roku 1924 patřil objekt pražskému arcibiskupství, po pozemkové reformě jej získala tělovýchovná jednota Sokol, které patří zámek dodnes. Na zámek navazuje budova zámeckého pivovaru, který dnes již bohužel svoji původní funkci neplní (Durdík 1990).

Vrchol Malého Blaníku se nachází v nadmořské výšce 564 metrů. Nachází se na něm zřícenina starobylé poutní kaple svatě Máří Magdaleny. Její stavba byla dokončena v roce 1753, v roce 1783 byla kaple nařízením císaře Josefa II. zrušena. Od té doby chátrala. Uprostřed zříceniny dnes roste obrovský smrk.

2.3.2. Archeologické poznatky o zájmové lokalitě

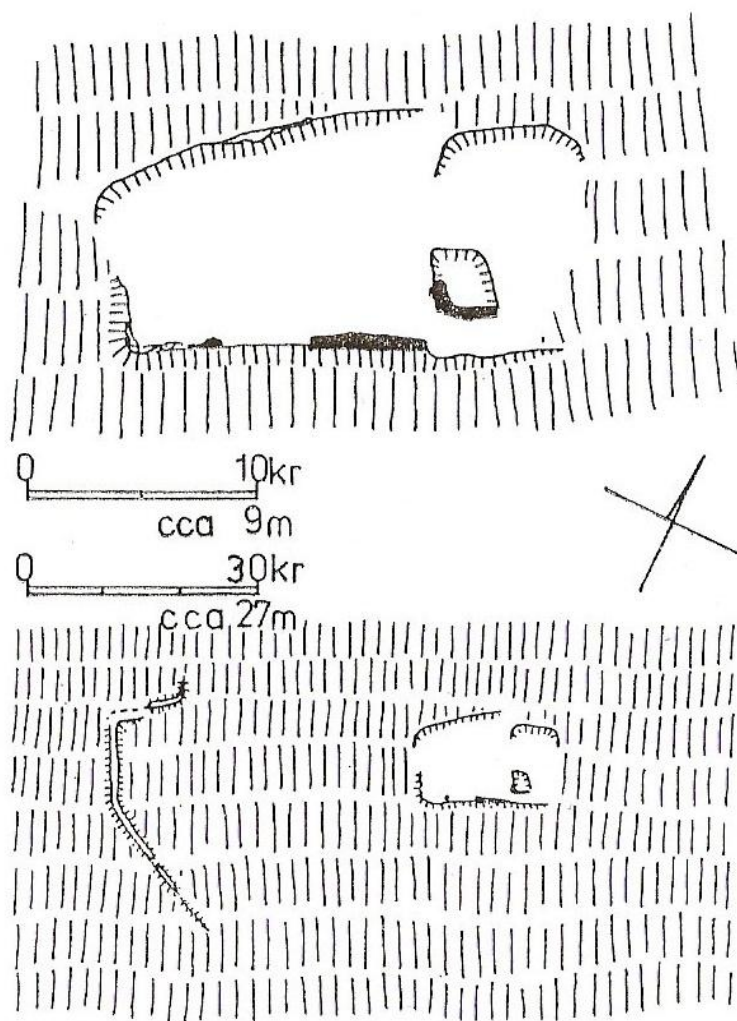
Na Malém Blaníku, odděleném od Velkého Blaníka jen neširokým údolím, kterým jako dělicí čára prochází silnice spojující městečka Louňovice pod Blaníkem a Načeradec, stojí dodnes rozsáhlá zřícenina poutního kostela Máří Magdaleny. Stavba stojí pod severním vrcholem kopce uprostřed lesa a ve své dnešní podobě pochází asi z roku 1753. Ovšem o poutích ke sv. Máří Magdalence máme písemnou historickou zprávu již z roku 1543. Zaznamenal ji ve svých pamětech utrakvistický kněz Václav Rosa, který byl v této době farářem ve Vlašimi. Z této zprávy, jakož i z dochovaných církevních inventářů ze 17. století, lze bezpečně vyvozovat, že před dnešní kostelní stavbou stála na Malém Blaníku jiná starší kaple Máří Magdaleny a že pouti lidu na Malý Blaník jsou dávného data. Roku 1961 byly v blízkosti stávající kaple nalezeny kachle a další keramika, kterou lze datovat do 16. století a o rok dříve byla na severním svahu Malého Blaníka objevena středověká nádoba z 13. století.

Nejpozoruhodnější objev, který patrně představuje hledaný konkrétní článek spojující původ pověstí o hoře Blaníku s reálnou skutečností, byl však učiněn v létě roku 1961. Tehdy se P. Radoměský dozvěděl od svých přátel z vesnice Býkovice, že ve svahu Malého Blaníku, v lese nad Býkovickým rybníkem existuje místo, kde podle lidové tradice stával nejstarší kostel Máří Magdaleny. Místo se ukázalo vskutku prvořadě zajímavé. V zalesněném terénu zjistil tento badatel dobře patrné zbytky lícovaného zdiva tvořícího hned dvě masivní zdi, opodál v lese pak val z hrubě nakladených kamenů, obklopující centrální objekt z jihozápadu, přibližně v podkovovité podobě (viz obr. 7).

V létě téhož roku byl proveden předběžný archeologický průzkum sondou uvnitř objektu. Výsledek výzkumu se ukázal překvapující. Především bylo prokázáno, že tento objekt není pozůstatkem kostelní stavby, nýbrž (podle P. Radoměského) patrně zbytkem středověké opevněné tvrze. Tomu odpovídá poměrná rozsáhlost celého objektu, zjištěná hradba a také nálezy, které byly sondou odkryty a které rozhodně nemají co do činění se stavbou kostelního typu (Radoměský 1966). Na ploše výzkumu bylo objeveno mnoho keramických fragmentů z pálené nepolévané hlíny. Vedle zlomků užitkových nádob, zvláště hrnců, džbánů, misek a pokliček, byly zvláště bohatě zastoupeny zlomky kachlů hrncových i komorových s dobovým dekorem. Nalezený keramický materiál byl datován do 15. století. Kachle a keramické roury dokládají existenci minimálně dvou kachlových kamen.

Detailní povrchový průzkum objektu byl realizován v roce 1989 T. Durdíkem (Durdík 1990). Podle něho představoval objekt dvouprostorový dům, na severu částečně zahloubený do svahu a na jihu založený na terasu. Zdivo bylo z místního kamene a nadzemní konstrukce byly zčásti roubené (nalezeny zlomky vypálené mazanice). Analýzou všech poznatků dospěl tento autor k závěru, že se nejednalo o opevněné feudální sídlo (tvrz), ale o objekt s funkcí vázanou na les, např. o významnou myslivnu či lovecký letohrádek.

Objekt na Malém Blaníku, datovaný do 15. století, patřil patrně přívržencům husitství, snad některému příslušníku sekty Pecínovců čili Mikulášenců. Jeho objev vrhá mnoho zajímavého světla na původ blanických pověstí. Klíčovou skutečností je, že se tento objekt nachází bezprostředně nad místem jmenovaným v nejstarších verzích blanických proroctví. Leží na svahu Malého Blaníku přímo nad vesnicí Býkovice, u které má podle proroctví dojít k „poslední největší bitvě“, leží bezprostředně nad „Býkovickým rybníkem“, který se má naplnit krví nepřátel a uprostřed kterého má po bitvě sloužit kněz mši svatou na pařezu podobojí způsobem (Durdík 1990). To naznačuje, že právě s touto lokalitou je spojen vznik původního proroctví o Blaníku. Proto je také možné, že právě Blaník označila tato nejstarší proroctví za místo, kde se lidé za té poslední krvavé bitvy mohou zachránit (Radoměský 1962).



Obr. 7: Zaniklý objekt na Malém Blaníku. Nahoře půdorys domu, dole celková situace. Terénní náčrt z 30. května 1989 (Durdík 1990).

3. GEOFYZIKÁLNÍ METODY V ARCHEOLOGII

Nezastupitelnou výhodou použití geofyziky v archeologii (tzv. archeogeofyziky) je její nedestruktivnost a relativní rychlost, z ekonomického hlediska pak efektivita a nízké náklady (ve srovnání např. s plošnými archeologickými odkryvy). V posledních desetiletích jsou geofyzikální metody do archeologického výzkumu zahrnovány jako součást předběžného průzkumu vybraných lokalit čím dál tím častěji (Hašek - Měřinský 1991).

Cílem použití geofyziky je nalézt změny v konkrétních fyzikálních polích a na základě jejich interpretace, často v kontextu více metod, lokalizovat a specifikovat určitou fyzikální nehomogenitu prostředí. Možnosti konkrétní interpretace a úspěch použití geofyzikálních metod jsou závislé na mnoha podmínkách a předpokladech. Podle Kuny a kol. (2004) jsou to hlavně následující:

- Dostatečná odlišnost fyzikálních vlastností archeologických objektů od geologického podloží, respektive okolního prostředí.
- Dostatečné podpovrchové dochování antropogenních objektů a vrstev in situ.
- Dostatečné rozměry a množství archeologických objektů, jejich tvar a orientace.
- Vhodný nebo alespoň přijatelný reliéf terénu a jeho vegetační pokryv.
- Absence (eventuálně možnost odlišení) mladších objektů a situací.
- Mocnost, typ a homogenita půdního horizontu a charakter půdních procesů na lokalitě.
- Znalost geologické stavby území včetně geologických procesů a potenciálních zdrojů surovin v regionu.
- Znalost vodního režimu a hladiny spodní vody na lokalitě.
- Absence (resp. možnost odlišení) rušivých vlivů, vyplývajících z recentních objektů nebo aktivit, ať už nadzemních nebo pod zemí.
- Stálost klimatických podmínek při vícedenním měření.
- Vhodná kombinace metod a technik (odpovídající cílům průzkumu), jejichž účinnost se při vzájemné spolupráci zvyšuje.

Výše uvedené podmínky jsou samozřejmě obtížně splnitelné současně v celém rozsahu, vždy by ale měla existovat maximální snaha o dosažení přijatelného kompromisu, aby se zajistil co nejkvalitnější výsledek geofyzikálního průzkumu na příslušné archeologické lokalitě.

Ilustrativní ukázky užití geofyziky v archeologii jsou prezentovány na webových stránkách NADAG (The North American Database of Archaeological Geophysics; <http://www.cast.uark.edu/nadag/>), dále v publikaci Nedestruktivní archeologie (Kuna a kol. 2004), několik i v publikaci Úvod do užití geofyziky (Mareš a kol. 1990).

4. VOLBA GEOFYZIKÁLNÍCH METOD PRO ZKOUMANOU LOKALITU

Volba geofyzikálních metod vycházela z typu vyhledávaných struktur, kterými byly v tomto případě hlavně pohřbené zdi, jejich základy či destrukce. Z tohoto důvodu byla na lokalitě jako základní využita geoelektrická odporová metoda spolu s magnetometrií (Mareš a kol. 1990).

Předpokladem úspěchu odporového měření byla detekovatelnost materiálu použitého na stavbu objektů – tj. stavebního kamene. Ten zpravidla vykazuje rozdílný (v 95 % případů vyšší) měrný elektrický odpor vzhledem ke svému okolí (Gruntorád a kol. 1985).

Zdrojem anomálií při archeomagnetickém měření bývají nejčastěji: ohniště, pece, propálené hlíny, požárové vrstvy, Fe-předměty aj., tzn. objekty a předměty, jejichž magnetizace se vytvořila působením geomagnetického pole v podmínkách značných teplotních změn (Hašek – Měřinský 1991). Jedná se o termoremanentní magnetizaci, vzniklou např. při silném zahřátí hlín a jílu, ale i dalších horninových typů. Dále se v magnetometrii projevují i zahloubeniny, sekundárně vyplněné tmavšími hlínami s organickými zbytky, magnetickými předměty aj. (přikopy, sídelní a sídlištní objekty, hrobové jámy, hliníky atd.). Totéž platí i pro kamenné prvky zdí z magneticky aktivních hornin a materiálů (čedič, granodiorit, diorit, gabro, pálené cihly aj.).

4.1. Symetrické odporové profilování

Symetrické profilování (v daném případě v modifikaci Wenner s ekvidistantními vzdálenostmi elektrod) má v závislosti na konkrétních podmínkách efektivní hloubkový dosah $AB/3$ až $AB/2$. Wennerovo uspořádání se vzdáleností elektrod $a = 1$ m přináší informaci o měrných elektrických odporech (ρ) z hloubky 1,0 až 1,5 m. Měřenými parametry jsou elektrický proud I a elektrické napětí ΔU , ze kterých se pomocí modifikovaného Ohmova zákona vypočítá hodnota zdánlivého měrného odporu ρ_z , jež je standardně přiřazena bodu ve středu uspořádání. Výsledkem zpracování plošných odporových dat je nejčastěji mapa izolinií ρ_z (Mareš a kol. 1990; Gruntorád a kol. 1985).

4.2. Měření magnetické susceptibility (kapametrie)

Magnetická susceptibilita (κ) je fyzikální veličina, která popisuje chování materiálu ve vnějším magnetickém poli. Měření v terénu umožňuje tzv. kapametr (Mareš a kol. 1990). Jeho základní součástí je fázový diskriminátor, jehož sekundární vinutí tvoří plochá měřicí cívka. Přiloží-li se cívka k hornině, zvýší se její indukčnost, a tím se poruší rovnováha diskriminátoru. Na výstupu vznikne stejnosměrné napětí, které je tím větší, čím větší je susceptibilita horniny (De Wall 2004).

4.3. Magnetometrie

Zjišťování anomálních hodnot ΔT magnetického pole je v principu založeno na výpočtu rozdílu naměřených hodnot magnetického pole T a normálního magnetického pole v místě měření, resp. pro plošně omezené lokality střední hodnoty (mediánu) magnetického pole v rámci proměřené plochy (Marek 1974).

Magnetometr využívající Overhauserova jevu je založen na podobném principu jako protonový magnetometr, ale navíc využívá polarizace protonů pomocí excitace elektronů. Na rozdíl od protonového magnetometru je kapalina v sondě obohacena složkami obsahujícími některý z prvků řady Li, Na, K, Rb nebo Cs. Vlastní Overhauserův efekt nastává, když je tato kapalina vystavena působení vysokofrekvenčního RF (radio frequency) magnetického pole (10^5 Hz). Tím dochází k odpovídajícím přechodům energetických hladin elektronů. Výsledkem je velmi silný precesní signál,

který je vhodný pro přesné měření magnetického pole - s citlivostí o řád vyšší než v případě protonového magnetometru (Lanza - Meloni 2006).

Výstupem měření z magnetometru s digitálním záznamem je datový soubor s informací o „souřadnicích“ měřeného bodu, informací o datu a času měření a k ní příslušející informací o velikosti magnetického pole T ; doplňkovou informací je parametr charakterizující přesnost (chybu) měření (Šalanský - Gnojek 2002).

4.4. Vybrané fyzikální vlastnosti hornin

Pro korektní volbu metod i interpretaci měření je třeba znát fyzikální vlastnosti hornin. Měrné odpory hornin zastoupených v prostoru lokality (resp. petrofyzikálně analogických hornin: kamenité sutě → písek, štěrkopísek) se pohybují v tomto rozmezí (Karous 1989, Mareš a kol. 1983):

žuly:	$10^2 - 10^5$ ohmm
krystalické břidlice a ruly:	$10^2 - 10^4$ ohmm
písky:	$10^2 - 10^4$ ohmm
štěrky, štěrkopísky:	$10^2 - 10^4$ ohmm
hlíny:	$10^{-1} - 10^2$ ohmm

Magnetická susceptibilita žul i ortorul se obecně pohybuje v širokém rozmezí 0,01 až 60×10^{-3} SI. Vzhledem k absenci feromagnetických minerálů v místních ortorulách až metagranitech (z paramagnetických minerálů obsahují biotit, muskovit ± turmalín) by tyto horniny měly vykazovat relativně nízkou magnetickou susceptibilitu a při měření magnetometrie by se výraznějšími magnetickými anomáliemi měly projevit pouze magneticky aktivní objekty antropogenního původu.

5. METODIKA TERÉNNÍHO PRŮZKUMU

Při měření byly použity tyto přístroje:

- Symetrické odporové profilování (SOP) s Wennerovým uspořádáním elektrod v konfiguraci A 1 M 1 N 1 B – plošné měření, přístroj Geoter.
- Magnetometrický průzkum s využitím magnetometru a gradiometru GSM-19, systém Overhauser (výrobce: GEM Systems, Inc., Kanada) - plošné měření, variace registrovány protonovým magnetometrem PM-2 (výrobce: Geofyzika a.s., Brno).
- Měření magnetické susceptibility vzorků hornin (stavební kámen) odebraných na lokalitě kappametrem KT-5 (výrobce: Geofyzika, a.s., Brno).

5.1. Geodetické práce

Měření na lokalitě bylo realizováno v síti rovnoběžných profilů, jejichž orientace vyplynula především z tvaru a morfologie zájmového prostoru. Vytýčená plocha měla tvar obdélníka o rozměrech 30 x 20 m a vykryla zkoumaný archeologický objekt s přesahem 5 až 10 metrů na každou stranu (viz obr.8) Azimut profilů byl 70°. Vzdálenost mezi profily byla 1 m. Jednotlivé body měření v liniích profilů byly definovány nataženými šňůrami se značkami v intervalu 1 m. Popsaná síť byla využita pro veškerá geofyzikální měření na lokalitě.

Vlastní zájmová plocha se nachází v mírném svahu a včetně okolí je porostlá smíšeným lesem s minimálním křovinným patrem.



Obr. 8: Terénní náčrt archeologického objektu vsazený do sítě profilů.

5.2. Geofyzikální měření

5.2.1. Symetrické odporové profilování

Měření bylo realizováno standardní soupravou sestávající z milivoltmetru, miliampérmetru, 2 mosazných potenčních a 2 železných proudových elektrod. Měřeno bylo v síti 1 x 1 metr, na každém bodě byly zaznamenány hodnoty proudu a napětí.

Celkový počet bodů změřených symetrickým odporovým profilováním byl 739.

5.2.2. Měření magnetické susceptibility (kapametrie)

Magnetická susceptibilita byla na lokalitě zjišťována na celkem 31 vzorcích. Metodika měření byla nastavena tak, že na každém vzorku byla provedena tři opakovaná měření pro několik míst. Tato místa byla na každém vzorku zvolena zpravidla tři. Jejich volba vycházela z optimalizované geometrie měření, tj. měřeno bylo téměř výhradně na rovinných plochách o větším průměru ($\varnothing \geq 8 \text{ cm}$), aby nebylo nutné zavádět opravy na průměr, nerovnosti plochy či její zakřivení. Jako „výsledná“ hodnota magnetické susceptibility pro jednotlivý vzorek byla použita maximální hodnota změřená na tomto vzorku.

5.2.3. Magnetometrie

Magnetometrický průzkum byl realizován v síti 1 x 1 metr, a to s výškou sondy 0,56 m nad terénem. Obecná metodika měření vyžaduje korektní nastavení osy sondy směrem k severu. Magnetometrie je metoda velmi citlivá na přítomnost železných předmětů, proto jich byl nositel sondy před měřením zbaven. Variační magnetometr byl umístěn v klidném magnetickém poli asi 100 m severovýchodně od lokality, variace byly registrovány s intervalem 1 minuta. Celkový počet bodů změřených magnetometrií byl 765.

6. ZPRACOVÁNÍ DAT

Data naměřená jednotlivými metodami v terénu bylo nutné před vytvořením výsledných grafických výstupů, resp. před dalším zpracováním v interpretačním softwaru, nejprve upravit.

6.1. Symetrické odporové profilování

Úprava dat SOP probíhala na úrovni vypočtené hodnoty ρ_z . V prvním kroku byla provedena kontrola dat (napětí ΔU , proud I) přepsaných z terénního zápisníku do počítače. Po výpočtu hodnot zdánlivého měrného odporu ρ_z následovalo zpracování dat v programu Surfer 8 (Surfer 8, User's Guide 2002) do formy mapy izolinií.

6.2. Měření magnetické susceptibility (kapametrie)

Vzhledem k tomu, že veškerá terénní měření magnetické susceptibility byla provedena na rovinných plochách vzorků o dostatečném průměru, nebylo nutné zavádět žádné opravy naměřených dat. Pro grafické zobrazení zjištěných hodnot magnetické susceptibility byl zkonstruován histogram četností (Grapher 6), na jehož základě byly definovány dva dílčí soubory a vyčísleny jejich základní statistické parametry.

Tab. 1: Výčet naměřených hodnot magnetické susceptibility.

Vzorek číslo:	Mag.susceptibilita $\times 10^3$ (SI)		Vzorek číslo:	Mag.susceptibilita $\times 10^3$ (SI)
1	0,08		17	0,07
2	0,04		18	0,08
3	0,35		19	0,07
4	0,12		20	0,08
5	0,05		21	0,91
6	0,06		22	1,12
7	0,07		23	0,09
8	0,05		24	1,26
9	0,10		25	0,09
10	0,06		26	0,03
11	0,08		27	0,32
12	0,06		28	0,03
13	0,07		29	1,16
14	0,07		30	0,06
15	0,10		31	1,26
16	0,6			

6.3. Magnetometrie

Prvním krokem zpracování naměřených magnetometrických dat byla oprava na variace (Mareš a kol. 1990). Tato oprava spočívá v odečtení časově příslušných hodnot z variačního magnetometru (ty definují časové změny magnetického pole T) od hodnot naměřených na jednotlivých řadových bodech. Tento proces by při naměřeném počtu bodů byl manuálně velice zdoluhavý, proto se provádí pomocí programů pro opravu na variace – já jsem konkrétně použila program Jak Na Variace 1.0 (autor J. Valenta). Výstupem je soubor změřených hodnot opravených pro každý konkrétní bod na variace.

Dalším krokem byl výpočet anomálního pole ΔT zavedením opravy na normální pole. Hodnota normálního pole je specifická pro každé místo na Zemi a lze ji spočítat na základě vzorce pro příslušný model magnetického pole Země. V případech plošně omezených měření je však korektnější (i z hlediska následné kvantitativní interpretace lokálních anomálií) zavést „lokální“ normální pole. Opravu na toto pole pak umožňuje výpočet mediánu ze souboru hodnot opravených o variace. Odečtením zjištěné hodnoty mediánu (jedná se fakticky o zbytkové lokální normální pole) od hodnot opravených na variace získáme hodnoty anomálního pole ΔT . Tyto výsledné hodnoty pak definují odchylky (kladné či záporné) od normálního pole v místě měření. Hodnoty anomálního pole ΔT byly zpracovány programem Surfer 8 (Surfer 8, User's Guide 2002) do formy mapy izolinií.

7. VÝSLEDKY A INTERPRETACE MĚŘENÍ

Prezentace výsledků terénního plošného měření metodami SOP a magnetometrie je uvedena ve formě map izolinií příslušných fyzikálních veličin. Měření magnetické susceptibility je prezentováno histogramem četností.

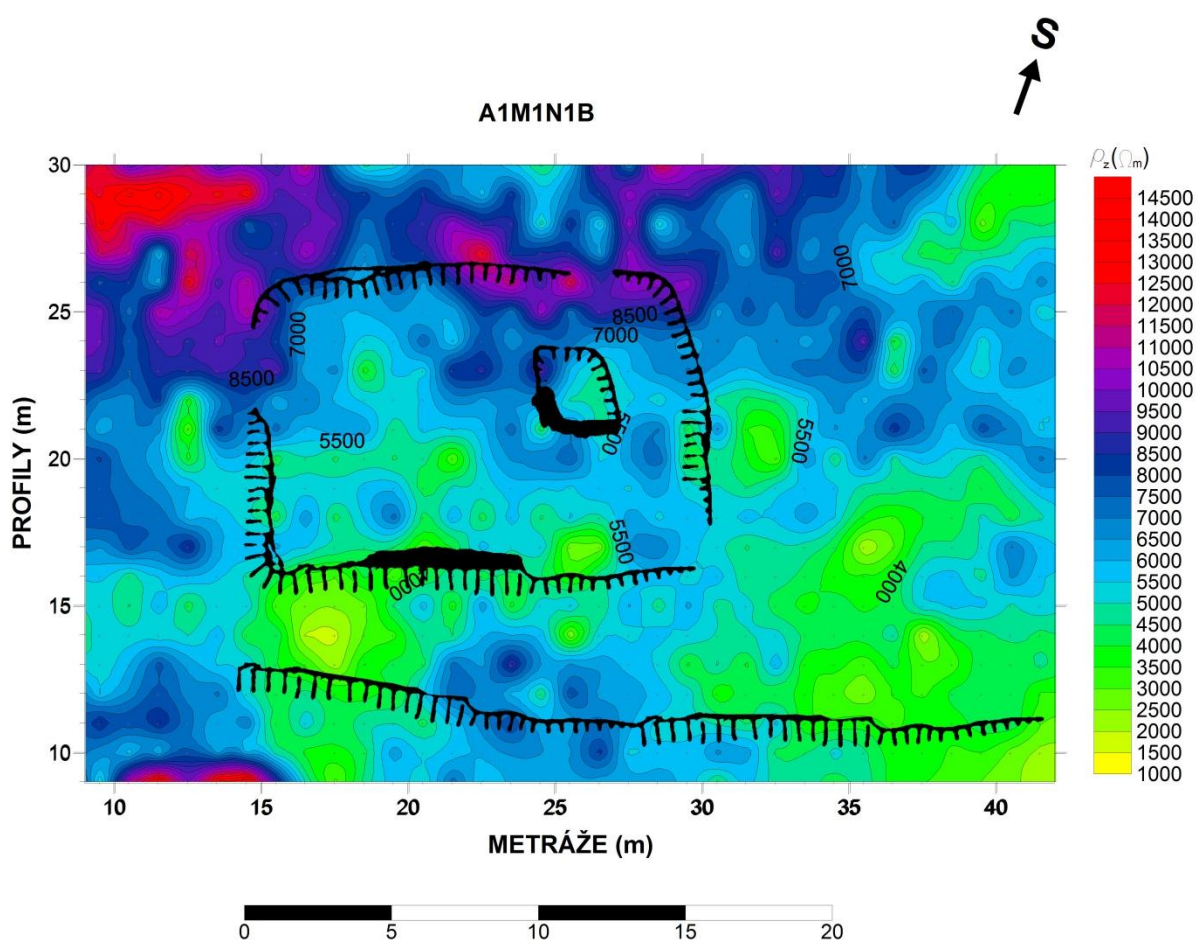
Výsledkem plošných měření byl obecně soubor hodnot měřené veličiny přiřazený konkrétním souřadnicím na ploše lokality. Z dat tohoto souboru byla v dalším kroku pomocí softwaru Surfer 8 (Golden Software) vykreslena mapa izolinií. Tato mapa je programem konstruována na základě výpočtu tzv. gridu, což je pravidelná matice hodnot vytvořená na základě x , y , z vstupního datového souboru. Tímto gridem jsou poté v souladu se zadanými parametry požadovaného výstupu proloženy izoliny měřené veličiny. Výslednou mapu lze v programu Surfer dále upravovat tak, aby byl grafický výstup co nejčitelnější. Pro gridování byla v obou případech volena metoda Kriging a krok 0,25 m ve směru x i y .

7.1. Symetrické odporové profilování

Na zájmové lokalitě byly naměřeny nečekaně vysoké zdánlivé měrné odpory v rozmezí od 1400 do 14000 ohmm (střední hodnota 5500 ohmm). V běžných podmínkách, kdy pokryv tvoří hlinito-kamenitý materiál, by měření měla dosahovat do zhruba 1500 ohmm. Tento výsledek měření lze přisoudit především kamenité suti (s minimem mezerní hmoty), která se v proměřeném prostoru nacházela. Mapa izolinií zdánlivých měrných odporů ρ_z zpracovaná v programu Surfer 8 je znázorněna na obrázku 9.

Vlastní objekt se v odporovém měření generelně neprojevil, ale koinciduje s komplexní magnetickou anomálií, což naznačuje přítomnost propálených poloh, tj. zánik objektu požárem. Severní hrana objektu vykazuje vysoké odpory, což pravděpodobně způsobila rozpadlá opěrná kamenná zeď. Jižní hranu provázejí nízké odpory, což může být podmíněno přítomností hlinitého materiálu násypu tarasu. Dvě navzájem kolmá odporová maxima, první v podélném profilu 20 v úseku metrů 23 až 28, druhé v metrů 23 mezi profily 17 až 25, mohou odpovídat vnitřnímu členění objektu, tedy zaniklým kamenným příčkám.

Nejvyšší měrné odpory charakterizují prostor západně a severně od objektu s extrémem v počátečních metrážích profilu 29, kde je na povrchu terénu patrná akumulace kamenů. V těchto místech lze předpokládat, že v hloubce dosahu metody, tj. do 1m, se vyskytují kamenité sutě bez mezerní hmoty. Odporové minimum v úseku metráží 15 až 20 mezi profily 10 až 16 je situováno mezi jižní hranu objektu a kamenné ohrazení. Má „podezřele“ pravidelný tvar, zhruba ortogonální. Může se jednat o projev menšího objektu vyplněného sekundárně hlinitějším materiálem, snad pozůstatek drobné stavby hospodářského charakteru. Další pozůstatky zaniklých zahloubených objektů z lehkých konstrukcí mohou indikovat méně pravidelná odporová minima v jihovýchodním rohu proměřené plochy - v metrážích 32 až 42 mezi profily 9 až 18, kde byly zachyceny i drobné kladné magnetické anomálie.



Obr. 9: Symetrické odporové profilování - mapa izolinií ρ_z (ohmm).

7.2. Měření magnetické susceptibility (kapametrie)

Naměřená data jsem zpracovala v programu MS Excel. Hodnoty magnetické susceptibility vykazovaly dvojí charakter. Soubor všech hodnot byl tedy rozdělen do dvou dílčích souborů.

Soubor 1 zahrnuje extrémně nízké hodnoty. Reprezentuje patrně teplotně nepostíženou horninu (viz Tab. 2). Nízké hodnoty magnetické susceptibility jsou v souladu s tím, že přítomné horniny typu ortorul až metagranitů neobsahují podle petrologických popisů feromagnetické minerály a pouze malý podíl paramagnetických, jako je biotit, muskovit a turmalín.

Soubor 2 představuje hodnoty o řád až dva vyšší (viz Tab. 3). Reprezentuje patrně teplotně alterovanou horninu (<http://www.archaeophysics.com/methods/methods.html>).

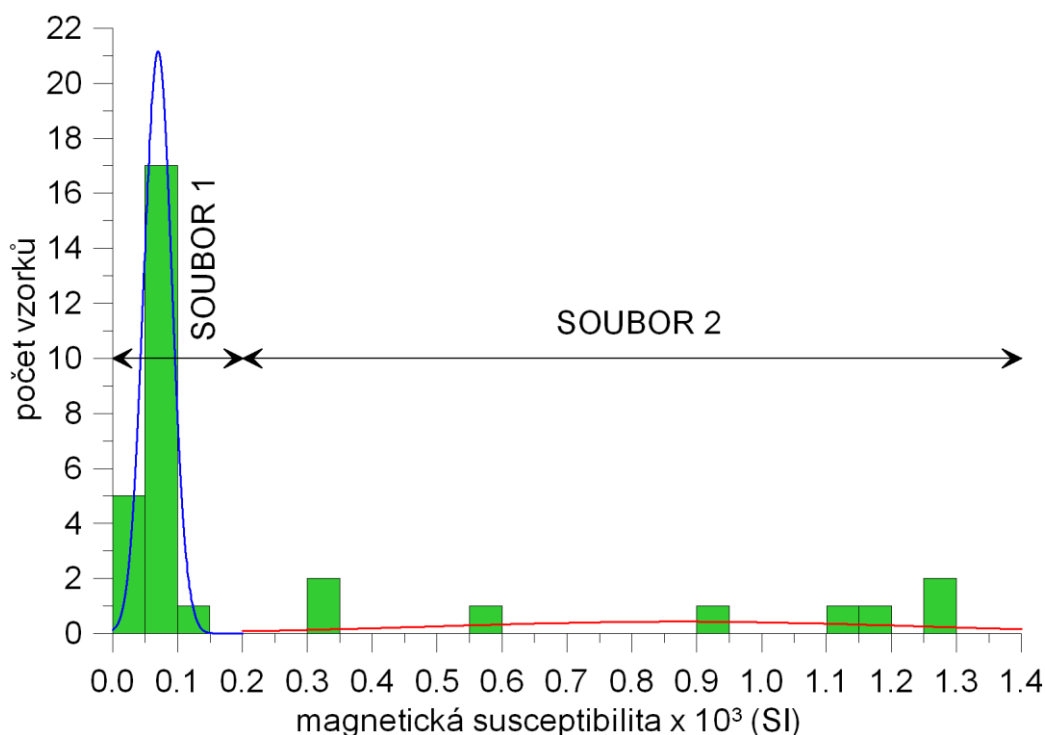
Tab. 2: Soubor 1 - data naměřené magnetické susceptibility odpovídající patrně teplotně nepostížené hornině.

Soubor 1				
Vzorek číslo:	Mag.susceptibilita $\times 10^3$ (SI)		Vzorek číslo:	Mag.susceptibilita $\times 10^3$ (SI)
26	0,03		17	0,07
28	0,03		19	0,07
2	0,04		1	0,08
5	0,05		11	0,08
8	0,05		18	0,08
6	0,06		20	0,08
10	0,06		23	0,09
12	0,06		25	0,09
30	0,06		9	0,10
7	0,07		15	0,10
13	0,07		4	0,12
14	0,07			

Tab. 3: Soubor 2 - data naměřené magnetické susceptibility odpovídající patrně teplotně alterované hornině.

Soubor 2				
Vzorek číslo:	Mag.susceptibilita $\times 10^3$ (SI)		Vzorek číslo:	Mag.susceptibilita $\times 10^3$ (SI)
27	0,32		22	1,12
3	0,35		29	1,16
16	0,60		24	1,26
21	0,91		31	1,26

Následně jsem provedla převod hodnot do programu Grapher 6, kde jsem zobrazila naměřená data ve formě histogramu (viz obr. 10).



Obr. 10: Histogram četností hodnot magnetické susceptibility x 10³ (SI)

Zde je dobře patrné rozdělení hodnot κ do 2 souborů, kde soubor 1 s hodnotami od 0,03 do 0,12 x 10⁻³ (SI) reprezentuje teplotně nepostíženou horninu a soubor 2 s hodnotami od 0,32 do 1,26 x 10⁻³ (SI) teplotně alterovanou horninu.

Do histogramu jsou vkresleny křivky pro normální rozdělení, kde soubor 1 čítá 23 vzorků, přičemž jeho aritmetický průměr je 0,07 x 10⁻³ (SI). Soubor 2 zahrnuje 8 vzorků o aritmetickém průměru 0,8725 x 10⁻³ (SI)

7.3. Magnetometrie

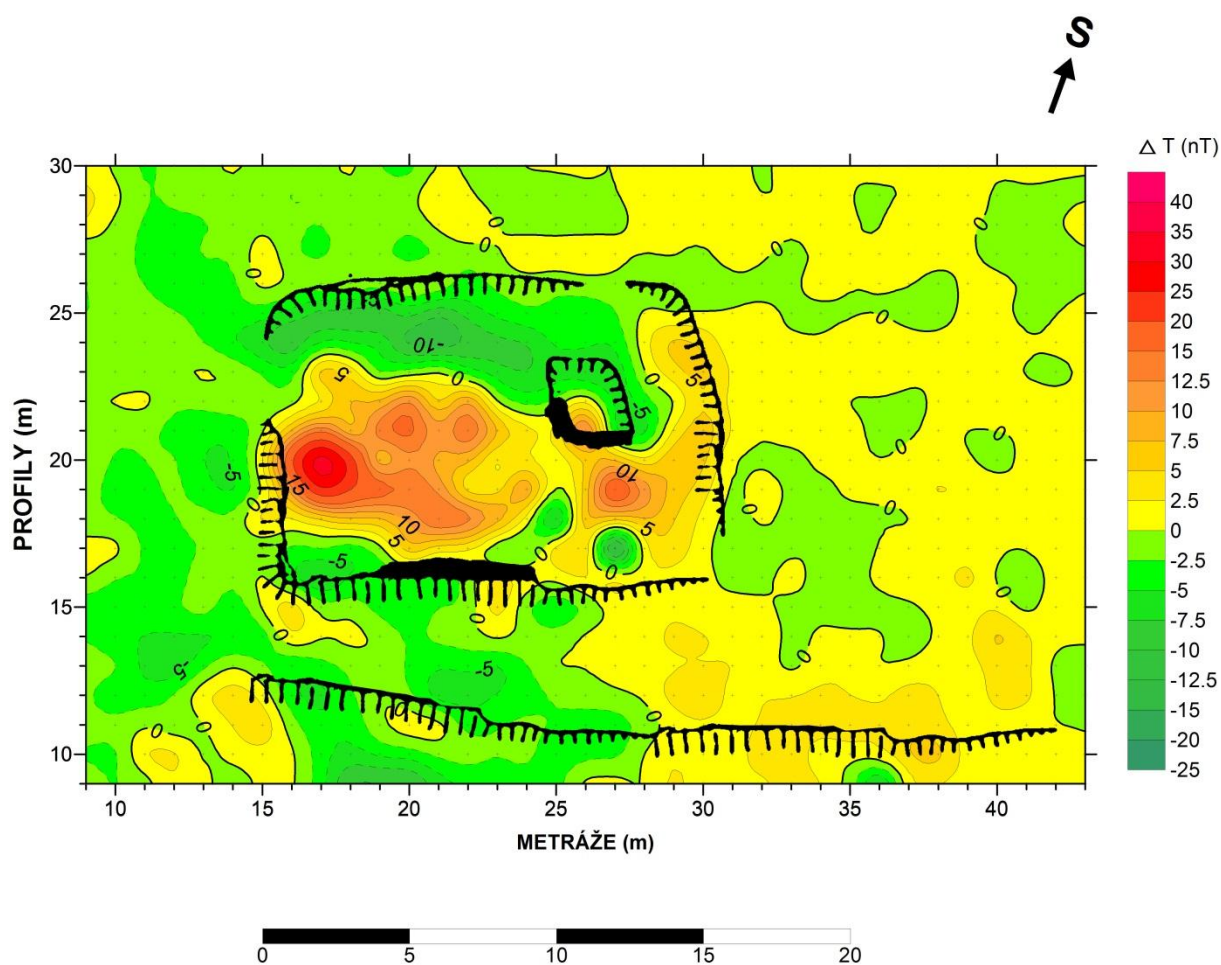
Mapa izolinií anomálního magnetického pole ΔT (nT) je na obrázku 11. Hodnoty ΔT se pohybují v rozmezí -23 až +37 nT.

Nejvýraznější magnetické anomálie byly zjištěny uvnitř archeologického objektu. Jedná se o plošné maximum ΔT , které vyplňuje střední a jižní část objektu, a na severu je lemováno minimem. V rámci tohoto maxima vystupují drobnější lokální magnetické anomálie (zpravidla kladné). Pravděpodobnou příčinou plošné magnetické anomálie jsou propálené vrstvy, což svědčí pro zánik objektu požárem. Lokální maxima v jihozápadním sektoru mohou reprezentovat přítomnost jednotlivých struktur s vyšší magnetizací, jako např. destrukcí kachlových kamen (viz kapitola 2.3.2), pecí či ohnišť. Nejvýraznější z těchto anomálií vykazuje maximum v bodě P20/17 (+37nT). Další výraznější lokální maximum ΔT bylo zachyceno na profilu P19 v metrži 27 (+22nT) - v blízkosti archeologické sondy, kde byla

nalezena vypálená mazanice. Lineární kladná magnetická anomálie sleduje i východní hranici objektu. Některé z drobných magnetických anomálií mohou být způsobeny i přítomností železných předmětů v malé hloubce pod terénem.

Západně, severně i východně od objektu je magnetické pole klidné, s rozmezím hodnot ΔT od -2,5 do + 2,5 nT. Drobné kladné i záporné magnetické anomálie s amplitudou do 5nT byly zachyceny jižně od objektu. Může se jednat o projev gravitačně sesunutého více magnetického materiálu z prostoru hlavního objektu k jihozápadu.

Oblast relativně zvýšených hodnot ΔT se projevila i v prostoru nad kamenným tarasem v jihovýchodním rohu proměřené plochy. V tomto případě může jít o projev materiálu s vyšší magnetizací, tvořícího výplň zahloubeného stavebního objektu hospodářského charakteru (patrně původně dřevěného), který byl přiložen k ohrazení.



Obr. 11: Magnetometrie - mapa izolinií ΔT (nT).

8. ZÁVĚR

Závěrem bych chtěla uvést, že prozkoumání málo známé archeologické lokality na Malém Blaníku přineslo nové poznatky, významné především pro CHKO Blaník a Muzeum Podblanicka ve Vlašimi. Již topografický průzkum předcházející vytyčení měřičské sítě přinesl nové informace o celkové dispozici ohrazení areálu s centrálním objektem. Kromě kamenného valu, který vymezuje zájmový areál na západě, byl identifikován kamenný taras tvořící hranici areálu na jihu a částečně i na východě. Rozměry takto vymezeného areálu jsou asi 65 x 25 m.

Vlastní zájmový archeologický objekt se jako celek neprojevil výrazněji v odporovém měření, ale koinciduje s komplexní magnetickou anomálií, což naznačuje přítomnost propálených poloh, tj. zánik objektu požárem. Tuto hypotézu podporuje i existence dvou z hlediska magnetické susceptibility odlišných typů „hornin“ (petrologicky shodných), horninové vzorky z „interiéru“ objektu vykazují vesměs vyšší susceptibilitu než vzorky z jeho okolí. Hranici objektu proti svahu (na severu) provázejí extrémně vysoké měrné odpory, snad projev rozvalené kamenné opěrné zdi. Jižní omezení objektu (po svahu) provázejí relativně nižší měrné odpory, které mohou odpovídat zásypu interiéru kamenito-hlinitým materiálem. Náznak vnitřního členění objektu indikují dvě navzájem kolmá odporová maxima: první směru Z – V podél profilu 20 v úseku metrů 23 až 28, druhé směru S – J v metrů 23 mezi profily 17 až 25. Identifikováno bylo i několik zajímavých anomálií přiléhajících k jižnímu ohrazení areálu.

Další informace o charakteru základního objektu, případně i o možných objektech v rámci ohrazené plochy, by mohl poskytnout podrobnější archeologický výzkum, který by mohl objasnit, co centrální stavba v minulosti představovala a k čemu sloužila, což by umožnilo potvrdit či vyvrátit spekulace archeologů o jejím charakteru. A patrně i další cílený geofyzikální (a petrofyzikální) průzkum. Konkrétně např. provedení skenování vymezeného širšího areálu metodou měření magnetické susceptibility „půdy“ pomocí přesného kapametru v řidší síti bodů (2 x 2 m). Pro tento účel by byl vhodný např. přístroj Bartington MS2D (<http://www.stratascan.co.uk/magnetic-susceptibility.html>) s hloubkovým dosahem 200 mm (kapametr KT-5, kterým se měřily v našem případě horninové vzorky, má hloubkový dosah pouze 20 mm). Naměřená magnetická susceptibilita by se poté zanesla do mapy, což by umožnilo plošně identifikovat archeologicky zajímavá místa se susceptibilitou výrazněji vyšší než odpovídá podloží.

Provedený průzkum ovšem přinesl cenné zkušenosti i pro mou osobu. Nabyla jsem zkušenosti s prováděním geofyzikálních prací v terénu a seznámila jsem se s reálným zpracováním dat (zvláště s použitím grafických programů, především firmy Golden Software) a s jejich interpretací.

9. POUŽITÁ LITERATURA

De Wall J., 2004: Magnetic susceptibility zonation, Journal of Volcanology and Geothermal Research, Germany, 131 str.

Durdík T., 1990: Velký a Malý Blaník očima archeologa, Sborník vlastivědných prací Podblanicka 36-2, str. 5-30.

Gruntorád J. a kol., 1985: Principy metod užitě geofyziky, SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 190 str.

Hašek V., Měřínský Z., 1991: Geofyzikální metody v archeologii na Moravě, Muzejní a vlastivědná společnost, Brno, 190 str.

Hrouda F., Chlupáčová M., Chadima M., 2009: The Use of Magnetic Susceptibility of Rocks in Geological Exploration, Terraplius, Brno, 27 str.

Karous M., 1989: Geoelektrické metody průzkumu, SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 423 str.

Kodym O. a kol., 1963: Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1:200000, Tábor. Geofond, Praha, 232 str.

Kuna M. a kol., 2004: Nedestruktivní archeologie, Academia, Praha, 555 str.

Lanza R., Meloni A., 2004: The Earth's Magnetism, Springer Berlin, Hiedelberg, Germany, 278 str.

Marek F., 1974: Magnetický průzkum, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 104 str.

Mareš S. a kol., 1983: Geofyzikální metody v hydrogeologii a inženýrské geologii. SNTL–Nakladatelství technické literatury, Praha, 197 str.

Mareš S. a kol., 1990: Úvod do užitě geofyziky. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 677 str.

Mareš S. a kol., 1996: Geofyzikální metody v ochraně a tvorbě životního prostředí. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 139 str.

Pošmourný K., 2006: Schematická geologická mapa území CHKO Blaník, nepublikováno.

Pouzar J., 1996: Podblanickou minulostí, Nakladatelství Vida, Praha, 168 str.

Pouzar J., 2004: Podblanickou minulostí, díl II., Nakladatelství Vida, Praha, 122 str.

Radoměský, P., 1962: Historicko-archeologický příspěvek k dějinnému významu dvou Blaníků, Sborník vlastivědných prací Podblanicka 4, str. 64-76.

Radoměský, P., 1966: Blaník a Louňovice pod Blaníkem, historicko-archeologický přehled, Osvětový dům, Benešov u Prahy, 33 str.

Surfer 8, 2002: User's Guide. Golden Software Inc., 639 str.

Šalanský K., Gnojek I., 2002: Geomagnetické anomálie v České republice, Český geologický ústav, Praha, 141 str.

Štěpánek V. a kol., 1940: Podblanicko, Knihovna A. Burian, Benešov, 204 str.

<http://old.ochranaprirody.cz/blanik>, 13. 6. 2011

<http://www.archaeophysics.com/methods/methods.html>, 24. 8. 2011

<http://www.cast.uark.edu/nadag/>, 1. 7. 2011

<http://www.geologickasluzba.cz>, 2. 8. 2011

<http://www.geologickasluzba.cz/sgsportal/Search.aspx>, 6. 8. 2011

<http://www.geologicke-mapy.cz>, 16. 7. 2011

<http://www.geology.cz>, 12. 8. 2011

<http://www.mapy.cz>, 1. 7. 2011

<http://www.stratascan.co.uk/magnetic-susceptibility.html>, 25. 8. 2011

10. POUŽITÉ SOFTWARE

Adobe Reader

Grapher 6 (Golden Software)

Jak Na Variace 1.0

Microsoft Excel

Microsoft Word

Photoshop Elements

Surfer 8 (Golden Software)

11. FOTOGRAFICKÁ PŘÍLOHA



Foto 1: Areál měřené lokality – pohled od severu.



Foto 2: Ukázka měření SOP.



Foto 3: Pohřbené zdivo v jižní části objektu.



Foto 4: Ukázka označení profilu P10/10.



Foto 5: Kamenná sut' mezi zkoumaným objektem a 30 m vzdáleným kamenným valem.